



TITLE:

木質構造へのオイルダンパーの適用による応答制御と耐震設計法(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

篠原, 昌寿

CITATION:

篠原, 昌寿. 木質構造へのオイルダンパーの適用による応答制御と耐震設計法. 京都大学, 2020, 博士(農学)

ISSUE DATE:

2020-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k22512>

RIGHT:

許諾条件により本文は2020-12-01に公開

(続紙 1)

京都大学	博士（農学）	氏名	篠原 昌寿
論文題目	木質構造へのオイルダンパーの適用による応答制御と耐震設計法		
(論文内容の要旨)			
<p>本研究は、木造建築物におけるオイルダンパーの適用に際し、実大振動台実験によりその応答制御効果を明らかにするとともに、木造住宅分野、また、非住宅木造分野におけるオイルダンパーを考慮した耐震設計法の構築に向けた基礎研究として貢献することを目的としたものである。</p> <p>第1章「序論」では、本研究に至る背景として、1995年兵庫県南部地震をはじめ、近年わが国では数多くの大地震に遭遇したことを経緯に、制振装置を用いた木造住宅などの高い耐震性能が要求される現状とその課題について言及した。一方で、持続可能な社会を目指し世界的に木造建築の中高層化が進んでおり、地震大国日本における非住宅木造分野の将来展望を示し、既往の研究と関連させながら、本研究の目的や意義を述べた。</p> <p>第2章「オイルダンパーを付加した2層在来軸組構造の振動台実験」では、木造住宅におけるオイルダンパーの有効性を定量的に把握する目的で、在来軸組構造の実大2階建て試験体の振動台実験を実施した。振動台実験に際し、オイルダンパー単体試験、オイルダンパーを付加した制振壁の動的壁試験を実施し、振動台実験でのオイルダンパーの効果を分析する上での有益なデータを得た。</p> <p>振動台実験では、オイルダンパーを付加した制振試験体のほか、一般的な構造用合板からなる耐震試験体も準備し、大地震レベルの加振を連続的に入力し、応答変形やエネルギー吸収量の推移の観点からオイルダンパーによる応答低減効果を定量的に確認した。結果、耐震試験体に対して、オイルダンパーを付加した制振試験体は、最大応答変形が約69～25%にまで低減することが確認できた。さらに、加振を繰り返す毎に、ダンパーが負担するエネルギー吸収割合は増加し、繰り返し発生する大地震に対してもオイルダンパーは損傷せず、有効であることが明らかとなった。</p> <p>第3章「オイルダンパー制振壁を持つ2層木質架構の解析的再現と制振壁の評価値の妥当性」では、木質構造特有のスリップ型の非線形ダンパー取付部材バネと、リリーフ機構を有するオイルダンパーの直列結合である非線形Maxwellモデルの数値計算法を示し、それを用いた時刻歴応答解析により、第2章の振動台実験の追跡を試みた。結果、最大応答変形はもとより、層とダンパーの位相の異なる挙動まで忠実に再現できることが確認できた。さらに、妥当性が確認された本解析手法を用いて、現在、木造住宅の耐震補強に用いられる制振壁の評価方法「等価壁基準耐力」の安全性を多数の数値実験により検証した結果、概ね妥当で、かつ安全側であることを示した。</p> <p>第4章「オイルダンパーを付加した1層木質ラーメン構造の振動台実験」では、今後非住宅分野への展開が期待される木質ラーメン構造の制振化の有効性を検証することを目的に、オイルダンパーを付加した木質ラーメン構造の実大振動台実験を実施した。具体的には、木質ラーメン構造の1層箱型実大試験体を製作し、①オイルダンパーを有する制振壁を付加した場合、②構造用合板の耐震壁を付加した場合、③木質ラーメン構造のみ場合、の3種類の試験体に対して中地震から極大地震を想定した地震</p>			

波を連続的に入力し、最大応答変形、損傷状況と荷重変形関係、固有周期と減衰定数等の比較を通じて制振化の有効性を定量的に検証した。結果、木質ラーメン構造のみの試験体の最大応答変形は、中地震を想定したTaft(25kine)で1/106rad、中地震経験後の大地震を想定したBSL(80%)で1/45radとなった。許容応力度計算における $C_0=0.2$ の設計外力に対して余裕度を約2.56倍($C_0=0.51$)の実性能を有するものの、地震波によっては応答変形が大きくなる場合も確認された。また、中地震から極大地震を想定した連続的な加振に対する最大応答変形は、いずれの加振もオイルダンパーを付加した試験体の応答変形が一番小さくなり、固有振動数の推移も変動が僅かであることから、制振化により主体構造の損傷を抑制できることが確認できた。

第5章「オイルダンパーを付加した木質ラーメン構造の限界耐力計算に基づく制振設計法」では、木質ラーメン構造を想定したスリップ型復元力特性を有する1質点系の主体構造を対象に、オイルダンパーを付加した制振構造の限界耐力計算に基づく制振設計法を提示し、数値実験及び振動台実験によりその妥当性を検証した。具体的には、オイルダンパーのダッシュポットと支持材バネの直列要素(Maxwellモデル)を、等価なダッシュポットとバネの並列要素(等価Voigtモデル)への置換により、制振構造特有の支持材剛性の影響を考慮し、さらに、「告示免震」によるオイルダンパーの評価方法を、「限界耐力計算」による耐震設計法に組み入れた制振設計法を示した。数値実験による精度を検証したところ全体的な応答の傾向は概ね予測可能であるが一部のケースでバラつきが確認された。そこで、オイルダンパーの評価方法を「パッシブ制振構造設計・施工マニュアル」に示された笠井らによる等価線形化法に置き換えた制振設計法で同様に検証したところ、予測精度が大幅に向上することが確認された。さらに、第4章で述べた振動台実験を題材に本制振設計法により応答を再評価した。結果、レベル1～レベル3の様々な入力レベルに対して応答予測が可能であることが確認された。

第6章「結論」では、各章で得られた結論を総括して述べた。

以上より、多様化する木造建築物における耐震性能を向上させる手段としてオイルダンパーの適用は、耐震化に比べて、繰り返し発生する大地震に対しても損傷を抑制できる効果が高く、さらに、加速度の増加を抑えつつ変形を効率良く低減できることが多種の実験と解析的検討により明らかとなることを示した。また、オイルダンパーを考慮した耐震設計法の構築に向けた基礎資料として、木造住宅の耐震補強で用いられる粘性系制振壁の評価方法「等価壁基準耐力」の妥当性を示した。また、現行の限界耐力計算の拡張によるオイルダンパーを考慮した耐震設計法を示した。前者の評価は木造住宅を想定した壁量計算レベルでの制振設計法の展開に期待しており、後者の評価はこれからの中高層木造等の非住宅分野、さらには木造建築物に限らず中低層建物を含めた制振設計法への展開に期待をしている。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

近年我が国では数多くの大地震に遭遇したことを経緯に制振建物などの高い耐震性能を要求される。また、一方で、持続可能な社会の構築を目指し、我が国にとどまらず世界的に木造建築の大規模化、中高層化が進んでおり、エネルギー吸収性能に富む制振構造は、今後の中層程度の木造建築物へも展開が大いに期待できる。そこで本論文は、多様化する木造建築物における制振ダンパーの適用に際し、実大振動台実験により制振ダンパーの有効性を明らかにするとともに、制振ダンパーを考慮した耐震設計法の構築に貢献することを目的としたものである。

特に特筆すべき点は以下の通りである。

1) 実大振動台実験により、在来軸組工法へのオイルダンパーの適用は、一般的な構造用合板における耐震構造に比べて、繰返し発生する大地震に対しても損傷を抑制できる効果が高く、有効であることを定量的に示した。

2) 木質構造特有である非線形のダンパー取り付け部材と、リリース機構を備えるオイルダンパーの直列結合である非線形Maxwellモデルの数値計算法を示し、さらに時刻歴応答解析により実大振動台実験を最大応答変形はもとより、層とダンパーの位相の異なる挙動まで忠実に再現できることを示した。

3) 木造住宅の耐震補強に用いられる制振壁の評価方法「等価壁基準耐力」の安全性を、多数の数値実験により検証し、「等価壁基準耐力」による評価は概ね妥当で、かつ安全側であることを示した。

4) 実大振動台実験により、木質ラーメン構造へのオイルダンパーの適用は、中地震から極大地震を想定した連続的な加振においても、固有振動数の推移変動が僅かであり、制振化により主体構造の損傷を抑制できる可能性を示した。

5) 現行の限界耐力計算の拡張によるオイルダンパーを考慮した耐震設計法を示し、多数の数値実験と実験との比較を通じて、その妥当性を明らかにした。

以上のように、実大振動台実験により木質構造へのオイルダンパーの適用による有効性を明らかにし、現行の耐震設計法をベースにオイルダンパーを考慮できる可能性を示したことは非常に有益であり、木質構造学、建築構造学の発展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、令和2年2月14日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。

注) 論文内容の要旨、審査の結果の要旨及び学位論文は、本学学術情報リポジトリに掲載し、公表とする。

ただし、特許申請、雑誌掲載等の関係により、要旨を学位授与後即日公表することに支障がある場合は、以下に公表可能とする日付を記入すること。

要旨公開可能日： 年 月 日以降（学位授与日から3ヶ月以内）